

Tomi Lahtinen

# Kenttälaitteiden mittaavan kunnonvalvonnan hyödyntäminen kunnossapidossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

29.6.2017

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Tomi Lahtinen Kenttälaitteiden mittaavan kunnonvalvonnan hyödyntäminen kunnossapidossa 37 sivua 29.6.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Kenttälaitteasiantuntija Jani Tervonen Kunnossapitopäällikkö Misa Naumanen Lehtori Kristian Junno
<p>Insinööriytyön tavoitteena oli selvittää Neste Oyj:n Porvoon jalostamolle, kuinka mittaavaa kunnonvalvontaa voisi jatkossa hyödyntää paremmin kenttälaitteiden osalta. Insinööriytyö oli kaksiosainen.</p> <p>Ensimmäisessä osassa selvitettiin kenttälaitteilta saatava tieto. Työhön valittiin kaksi eri virtausmittaustyyppiä, coriolis virtausmittaus ja magneettinen virtausmittaus. Toisessa osassa suoritettiin itse tiedonkeruu laitteelta ja konfiguroitiin järjestelmä, sekä lisättiin hälytys- ja varoitusrajat jokaiselle kerätylle tiedolle.</p> <p>Selvityksen perusteella tehtiin uusi xml-tiedosto Valmetin Field Device Managerin Condition monitoring -kunnonvalvontajärjestelmään, joka tarkkailee ennalta määriteltyjä arvoja kenttälaitteella ja generoi hälytysrajan ylittyessä hälytyksen kunnonvalvontajärjestelmään.</p> <p>Työssä havaittiin, että kaikilta laitevalmistajien laitteilta ei ole saatavilla kaikkia haluttuja tietoja. Haasteena oli myös HART-komentojen saatavuus laitevalmistajilta. Jotta Condition Monitoring -sovellus voi tarkkailla kenttälaitteen tilaa, tarvitaan jokaisen laitteen HART-komennot, sekä HART-komentojen vastausten rakenne selvittää etukäteen.</p>	
Avainsanat	Kunnonvalvonta, FDMS, coriolis, magneettinen virtausmittaus

Author(s) Title Number of Pages Date	Tomi Lahtinen Improving Utilization of Field Device Condition Monitoring in Preventive Maintenance 37 pages 29 June 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Jani Tervonen, Maintenance Engineer Misa Naumanen, Maintenance Manager Kristian Junno, Senior Lecturer
<p>The objective of this study was to find out how to improve predictive maintenance via condition monitoring of the field devices using Valmet's Condition Monitoring -software in Neste's Porvoo refinery. The study was made in two parts.</p> <p>In the first part the main aim was to study the information we can get out from the field devices. Two different flow measurements were chosen for closer inspection, Coriolis and Magnetic flow measurement. The data was collected and the field device manager -system was configured in the second part. The configuration includes alarm and warning definitions to all data that was collected.</p> <p>As a result, a new xml-file was made for the Valmet Field Device Manager's Condition Monitoring -program based on the first part of the study. The xml-file monitors values that are read from the field devices and generates an alarm in the Condition Monitoring -program, if the alarm limit is exceeded.</p> <p>When making this study, it was noticed that not all data that was wanted was available from all the manufacturers. There were also issues regarding getting the HART-commands from the manufacturers. The HART-commands from every device and manufacturer are essential to have for the Condition Monitoring -software to monitor the field devices. Also the structure of the command's response needs to be sorted out in advance.</p>	
Keywords	Condition Monitoring, Coriolis, Magnetic Flowmeasurement, FDMS

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Neste Oyj	2
3	Mittaustavat sekä kerättävät tiedot	3
3.1	Coriolis	3
3.1.1	Eri laitevalmistajien ratkaisut	4
3.1.2	Kerättävät tiedot	4
3.2	Magneettinen virtausmittaus	8
3.2.1	Kerättävät tiedot	9
3.2.2	Eri laitevalmistajien ratkaisut	12
4	HART-protokolla ja komennot	12
4.1	HART komennot	14
4.1.1	Yleiset komennot	15
4.1.2	Tavanomaiset komennot	15
4.1.3	Laitekohtaiset komennot	15
4.1.4	Komento 48	16
5	Kunnonvalvonta	17
5.1	Valmet DNA HART -ikkunat	18
5.2	Valmet DNA Field Device Manager	19
5.2.1	Field Device Manager	20
5.2.2	Field Device Condition Monitoring	22
6	XML-tiedoston muokkaaminen	27
6.1	XML-tiedoston rakenne	27
6.2	Muokkaaminen	29
6.3	XML-tiedoston lataaminen järjestelmään	31
7	Pohdintaa	33
	Lähteet	36

## Lyhenteet

CM	Condition Monitoring. Valmet DNA:n kunnonvalvontatyökalu.
COM	Component Object Model. Microsoftin kehittämä ohjelmointirajapinta.
DTD	Device Type Description. XML-muotoon tallennettut kunnonvalvonnan laitetyyppikuvauksen tiedostot.
DTM	Device Type Manager. Ohjelmistokomponentti kenttälaitteen ja kunnonvalvontajärjestelmän väliseen kommunikointiin.
FDM	Field Device Manager. Kunnonvalvontajärjestelmä.
FDMS	Field Device Manager Server. Kunnonvalvontajärjestelmän palvelin.
FDT	Field Device Tool. Avoin standardi automaatioverkkojen ja kenttälaitteiden integrointiin.
FSK	Frequent Shift Keying. Taajuusmodulointimenetelmä jossa tiettyjen taajuuksien pulssit vastaa nollia ja ykkösiä.
HART	Highway Addressable Remote Transducer. Laitteiden kommunikointiprotokolla.
MIO	Metso Input/Output. Valmet DNA:n I/O-liityntäkortti.
XML	Extensible Markup Language. Tiedonvälityskieli, sekä dokumenttien tallennusmuoto.

## 1 Johdanto

Tämän työn tavoitteena oli selvittää mittaavan kunnonvalvonnan hyödyntämisen mahdollisuuksia Neste Oyj:n Porvoon jalostamolla. Työ tehtiin Valmetin automaatiojärjestelmän osana olevaan Field Device Managerin sisältämään Condition Monitoring -kunnonvalvontasovellukseen. Työn tarkoituksena on vähentää ennakoimattomia kenttälaittevikoja ja niiden seurauksena vähentää tuotantohäiriöitä. Tämä saavutetaan siirtymällä ennakoivaan kunnossapitoon, korjaavan kunnossapidon sijaan.

Teoriaosuudessa selvitetään, miten tieto kulkeutuu kenttälaitteelta HARTin avulla automaatiojärjestelmän kunnonvalvontaan.

Varsinainen työ oli kaksiosainen. Ensimmäisessä osassa selvitettiin kahden eri virtausmittaustyyppin osalta, mitä tietoja voidaan hyödyntää mittauksen kunnonvalvonnassa. Tarkkailtavaksi mittaustavoiksi on valittu coriolis-massavirtamittaus, sekä magneettinen virtausmittaus. Tarkkailtavaksi laitteiksi on valittu Micro Motion 2700 -massavirtamittaus.

Toisessa osassa selvitettiin miten Valmet DNA:n kunnonvalvontajärjestelmää voidaan hyödyntää paremmin mittaavan kunnonvalvonnan osalta. Työssä perehdyttiin Condition Monitoring -kunnonvalvontasovelluksen käyttöön sekä konfigurointiin.

## 2 Neste Oyj

Neste Oyj on perustettu vuonna 1948. Ensimmäinen jalostamo rakennettiin Naantaliin vuonna 1957. Toinen, Porvoon jalostamo, perustettiin vuonna 1966. Uudet, uusiutuvien tuotteiden jalostamot rakennettiin vuonna 2010 Singaporeen ja vuonna 2011 Rotterdamiin. Nesteellä työskentelee yhteensä noin 5 000 henkilöä 14 eri maassa. Nesteen tavoitteena on olla Itämeren alueen johtava toimija, sekä kasvaa globaalisti uusiutuvis-  
sa tuotteissa. Neste on maailman suurin jätteistä ja tähteistä jalostetun dieselin tuottaja. [1.]

Nesteellä on tuotantoa neljässä maassa: Suomessa, Hollannissa, Singaporessa ja Bahrainissa. Bahrainin perusöljyä tuottavasta laitoksesta Neste omistaa osan, kun taas muut jalostamot ovat täysin Nesteen omistuksessa. [1.]

Raakaöljypohjaiset tuotteet jalostetaan Suomen jalostamoilla Naantalissa ja Porvoossa. Naantalin jalostamo tuottaa raaka-aineita Porvoon jalostamolla ja valmistaa sivuvirroista moottoribensiiniä ja liuottimia. Porvoon jalostamon raakaöljyn jalostuskapasiteetti on noin 206000 barreliä päivässä ja Naantalin noin 58000 barreliä. [1.]

Uusiutuvat tuotteet valmistetaan Singaporessa, Rotterdamissa ja Porvoossa. Uusiutuvat tuotteet ovat esimerkiksi NEXBTL-diesel, sekä uusiutuvat liuottimet ja lentopolttoaineet. [1.]

Nesteen vuoden 2016 liikevaihto oli 11,7 miljardia euroa ja vertailukelpoinen liikevoitto 983 miljoonaa euroa. Uusiutuvien tuotteiden osuus liikevoitosta oli 469 miljoonaa euroa. [1;2.]

### 3 Mittaustavat sekä kerättävät tiedot

#### 3.1 Coriolis

Coriolis-mittaus hyödyntää coriolis-voimaa. Mittaus toimii niin, että tuotevirta ohjataan kahteen putkeen ja putket laitetaan värähtelemään niiden luonnolliselle värähtelytaajuudelle ohjauskelan avulla. Putkien molemmissa päissä on tunnistinkelat, ns. pickoff-coilit (kuva 1). Näiden mittareiden avulla saadaan selville massavirta ja tiheys. Näiden kahden suureen avulla voidaan laskea myös tilavuusvirta. Myös virtaussuunta saadaan selville näiden tunnistinkelojen avulla. Se tapahtuu vertailemalla kumpi kela tunnistaa jälkimmäisenä putken värähtelyn. Esimerkiksi jos virtaus kulkee vasemmalta oikealle, oikea tunnistinkela havaitsee värähtelyn viiveellä verrattuna vasempaan tunnistinkelaan. [3.]

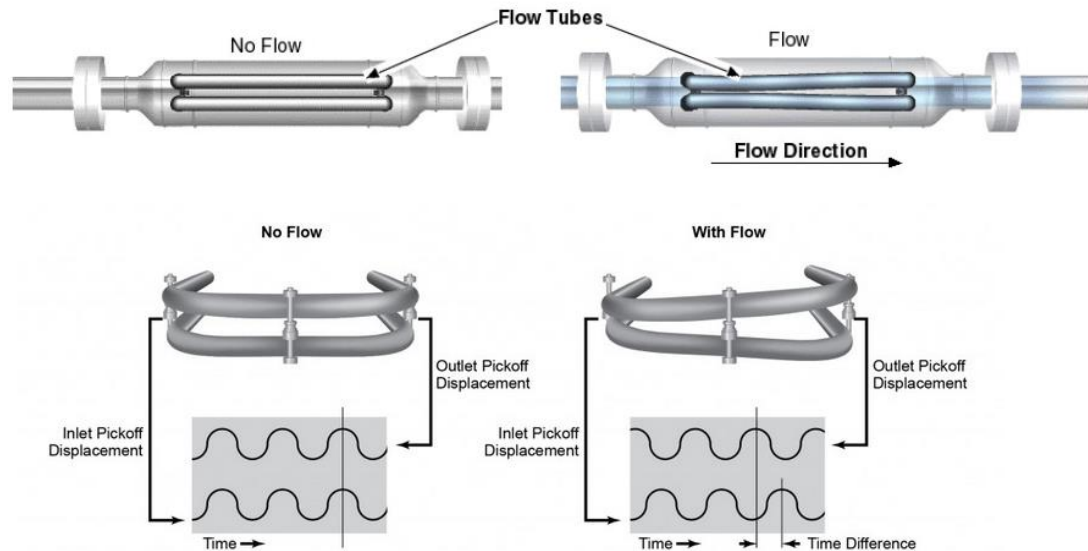
Värähtelytaajuudesta muodostuu siniaalto. Kun virtausta ei ole, molemmat pickoff-mittarit näyttävät samaa värähtelytaajuutta ja jännitettä. Kun virtaus kasvaa ja putket vääntyvät suhteessa toisiinsa, kasvaa siniaaltojen vaihe-ero (kuva 1). Tämän vaiheeron viivettä mitataan millisekunneissa ja viivettä kutsutaan nimellä  $\Delta t$ .  $\Delta t$ :n arvo on suoraan verrannollinen massavirtaan ( $\dot{m}$ ), eli mitä suurempi viive sitä suurempi massavirta. [4.]

Samojen siniaaltojen avulla saadaan mitattua tiheyttä ( $\rho$ ). Kun mitattavan aineen tiheys muuttuu, muuttuu myös putkien värähtelytaajuus ( $f$ ). Isommalla massalla, eli korkeamman tiheyden omaavalla aineella, on pienempi värähtelytaajuus. Pienemmällä massalla, eli matalamman tiheyden omaavalla aineella, on taas suurempi värähtelytaajuus. [4.]

Tiheyden kaava:  $\rho \propto \frac{1}{f^2}$

Tilavuusvirta ( $\dot{V}$ ) saadaan laskettua kaavalla:  $\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho}$





Kuva 1. Ylempänä Coriolis-mittaus suoralla putkella ja alempana U-muotoisella putkella

Coriolis-massavirtamittauksilla on erittäin vähän liikkuvia osia. Tämän ansiosta mittalaitte ei ole herkkä vioille. Usein epäilyt mittalaitteviat ovatkin seurauksia prosessimuutoksista. Koska prosessiputkien sisällöstä ei useinkaan olla täysin varmoja, saadaankin coriolis-mittareilla arvokasta dataa esimerkiksi tiheydestä ja prosessiaineen lämpötilasta.

### 3.1.1 Eri laitevalmistajien ratkaisut

Eri laitevalmistajilla on hieman erilaiset ratkaisut massavirran mittaamiselle. Kaikki laitteet käyttävät kuitenkin samaa mittausperiaatetta, coriolisvoimaa ja vaihe-eron mittaus-ta. Kaikilla valmistajilla on myös tiheysmittaus, joka niin ikään mitataan samalla tavalla kaikissa laitteissa värähtelytaajuudesta.

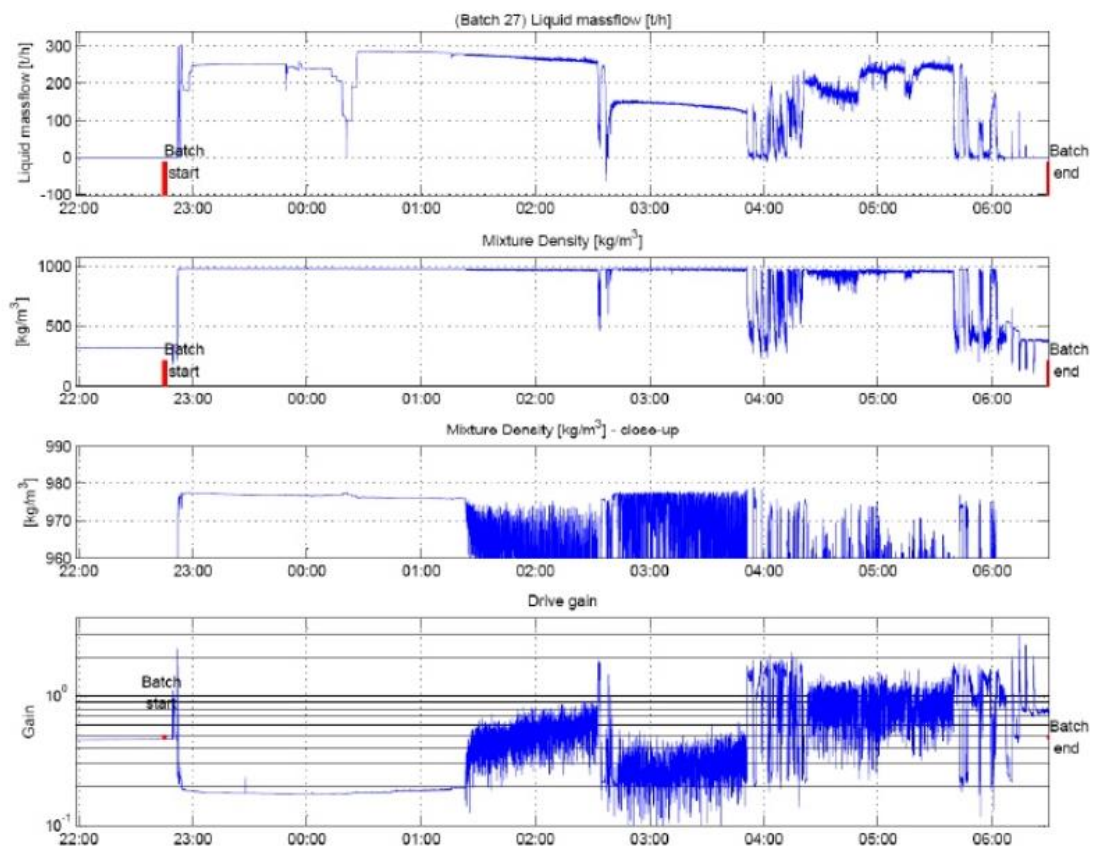
### 3.1.2 Kerättävät tiedot

#### Drive gain

Drive gain eli vahvistus on arvo, joka muuttuu mitattavan arvon mukaan. Vahvistus nousee, mitä matalampi tiheys aineella on, ja vastaavasti laskee tiheyden noustessa. Pidempiaikaisella vahvistuksen kasvulla näkee myös mahdolliset korroosiot tai muut likaantumiset mittaputkissa. Mahdolliset epäpuhtaudet tai kaasukuplat aiheuttavat iso-

ja, äkillisiä muutoksia vahvistukseen. Vahvistuksen mitta-alue on Micro Motionin laitteissa logaritminen, joka tarkoittaa, että nousu esimerkiksi yhdestä kahteen on kymmenkertainen. Mikäli jokin arvo on logaritminen, on se myös huomioitava laitteen ongelmien selvittelyssä. [5.]

Kuvasta 2 nähdään kaasun ilmaantuminen tankattavan nesteen sekaan. Tuotteen siirto on aloitettu noin kello 22.45 ja samalla kun massavirran näyttämä on noussut, on myös tiheys noussut ja vakiintunut noin arvoon  $978 \text{ kg/m}^3$ . Kolmannesta käyrästä, noin kello 1:20 huomataan, että tiheys on alkanut heilumaan. Samaan aikaan neljännessä kuvassa vahvistus (gain) alkaa heilumaan, koska se yrittää kompensoida tiheyden muutoksia. Vahvistus vähintäänkin kaksinkertaistuu, vaikkakin tiheyden muutos on vain yhden prosentin luokkaa. Vastaavalla tavalla havaitaan myös herkästi likaantuminen ja korrosio mittaputkessa. [5.]



Kuva 2. Kuvia eräästä bunkkeri-lastauksesta. [5.]

## Prosessiaineen lämpötila

Mikäli mitataan nestettä, saadaan lämpötilalla tietoa lämmityssaattojen kunnosta ja voidaan varmistaa, että virtaava tuote pysyy nestemäisenä. Lämpötilan alahälytysraja on asetettava normaalin operointilämpötilan alapuolelle, kuitenkin niin, että tuote on vielä nestemäistä. Coriolismittaukset kestävät pääsääntöisesti hyvin matalia ja korkeita lämpötiloja, joten mittauksen hajoaminen lämpötilan takia on hyvin epätodennäköistä ja täten ylärajahälytystä ei välttämättä tarvita.

## Tiheys

Tiheysmittauksella havaitaan mitattavan aineen tiheysmuutoksia. Mikäli tiheys muuttuu huomattavasti kevyemmäksi, voidaan olettaa, että mitattavan tuotteen sekaan pääsee ilmaa tai kaasua. Tämä ilman/kaasun ja nesteen seos häiritsee mittauksia ja nostaa samalla vahvistusta pahimmillaan moninkertaiseksi (kuva 2). Tämän seurauksena mittauksen tarkkuus häiriintyy. [5.]

Kahden eri tiheyden omaavan aineen virtausta, esimerkiksi ilman ja nesteen seosta, virtausmittarissa kutsutaan nimellä two-phase tai slug flow. Tätä tapahtuu esimerkiksi tyhjen putkilinjojen käyttöönotoissa, erätyyppisissä kohteissa jossa putki on päässyt valumaan tyhjäksi ajojen välissä tai jos esimerkiksi pumpulla on tiivistevuoto ja se imee ilmaa pumpattavan nesteen sekaan. [6.]

## Mittaputken taajuus

Mittaputken hitailla taajuusmuutoksilla havaitaan putken likaantuminen. Tämä likaantuminen tarkoittaa käytännössä sitä, että mittaputkeen tarttuu mitattavan aineen epäpuhtauksia.

Vastaavasti syöpyviä ja korroosiota edistäviä aineita mitattaessa mittaputken kuntoa voidaan valvoa mittaputken taajuuden avulla.

Mittaputken taajuuden mittausta ei kannata käyttää mikäli mitattavan aineen viskositeetti ja tiheys vaihtelee. Tämä siitä syystä, että taajuus muuttuu äkillisesti viskositeetin ja tiheyden mukana. [7.]

### **Vikojen määrälaskuri ja viimeisin vika**

Asettamalla hälytysrajan suhteellisen alhaiseksi nähdään ajoissa, milloin laitteen vikaantuminen alkaa. Vikojen määrälaskurin arvon noustessa kunnossapito voi reagoida ajoissa ja löydetään vikakohde mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Viimeisimmän vian näyttäminen helpottaa mahdollisen vian selvittelyä ja näkyy helposti yhdellä silmäyksellä FDM:n Condition Monitoringista. Tarkempaan selvittelyyn kenttälaitteeseen on otettava yhteys esimerkiksi FDM:n avulla. [8.]

### **Tunnistinkelojen jännite ja taajuus**

Mikäli virtaavan aineen ominaisuus pysyy samana, voidaan tunnistekelojen mittaaman jännitteen sekä taajuuden voimakkuuden muutoksista päätellä putken likaantuneen tai anturiputkessa tapahtuvia muutoksia esim. korroosiota. [7.]

Samalla menetelmällä havaitaan mitattavan aineen tiheysmuutoksia. Tiheysmuutokset tapahtuvat useimmiten nopeasti, jolloin taajuuden voimakkuus ja jännite muuttuu nopeasti. Likaantumistapauksissa jännite ja taajuuden voimakkuus taas muuttuvat pitkällä aikavälillä. [7.]

### 3.2 Magneettinen virtausmittaus

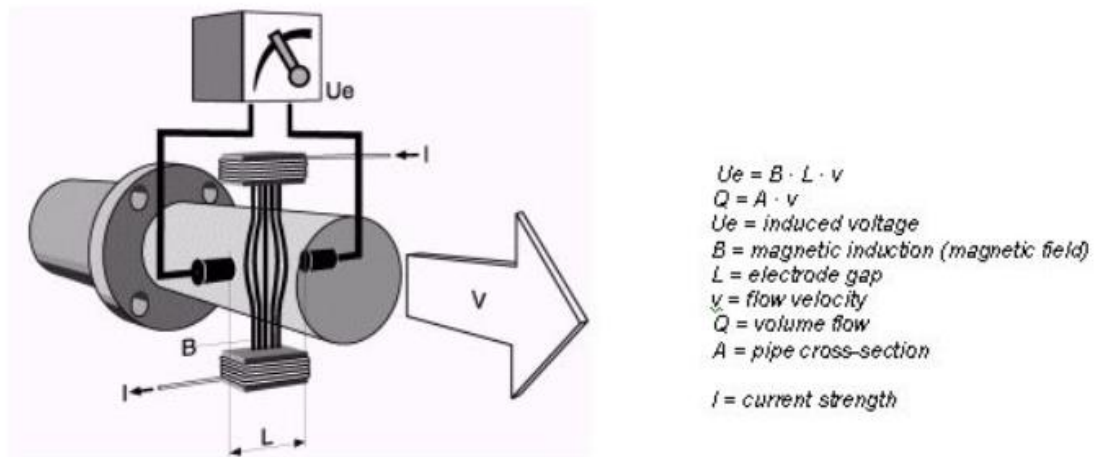
Mittaus perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Kaksi sähkömagneettista käämiä synnyttää välillensä magneettikentän, jonka sähköä johtava, virtaava aine leikkaa synnyttäen jännitteen (kuva 3). Virtaavan aineen sähkönjohtavuus on oltava, riippuen laitteesta ja mitattavasta aineesta, 0,05–50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Tämä syntynyt jännite saadaan mitattua kahden elektrodin avulla, jotka ovat sijoitettuna 90°:n kulmaan käämeihin nähden. Mitattava jännite nousee suhteessa virtausnopeuteen. Kun tiedetään putken pinta-ala ja virtausnopeus, saadaan myös laskettua nesteen tilavuusvirta. [9;10;11.]

Kun neste alkaa virrata putkessa, sähkömagneettinen kenttä pakottaa negatiivisesti ja positiivisesti varautuneet partikkelit erilleen toisistaan. Tämä seurauksena syntyy jännite-ero, joka voidaan mitata elektrodien avulla. [9;10;11.]

Magneettinen virtausmittari käyttää siis hyväkseen Faradayn induktiolakia, jonka mukaan jännite indusoituu johtimiin, jotka kulkeutuvat magneettikentän läpi. Magneettisen virtausmittauksen tapauksessa neste toimii johtimena ja elektrodit mittaavat indusoidun jännitteen. Jännitteen suuruus on suoraan verrannollinen johtimien (nesteen) nopeuteen, johtimen pituuteen (elektrodien mittausväli/putken halkaisija) ja magneettikentän vahvuuteen. Virtausmittauksissa käytetään lisäksi kalibrointivakiota. [9;10;11.]

Magneettisen virtausmittauksen laskentakaava:  $= k \times B \times D \times V$  [10]

- E = indusoitu jännite
- k = kalibrointivakio
- B = magneettikentän vahvuus, käämien induktanssi
- D = elektrodien etäisyys toisistaan
- V = virtaavan nesteen virtausnopeus



Kuva 3. Magneettisen virtausmittauksen toiminta

### 3.2.1 Kerättävät tiedot

#### Johtokyky

Johtokyvyn mittaus antaa tiedon siitä, että mitattava aine soveltuu magneettisen virtausmittarin mitattavaksi. Mittausmenetelmä ei toimi liian alhaisella johtokyvyllä. Mikäli mitattavan aineen oletettu johtokyky heikkenee, heikkenee myös mittaustarkkuus.

Johtokyvyn mittauksella havaitaan myös, mikäli mitattavan aineen joukkoon sekoittuu esimerkiksi ilmaa pumpun tiivisteistä. Mikäli epäillään nesteen sisältävän ilmaa tai kaasua, voidaan koettaa parantaa johtokykyä hidastamalla virtausta alle 1 m/s, jolloin ilmat tai kaasukuplat sekoittuvat virtaavan aineen kanssa. [11.]

#### Käämin kunto

Käämin kunnolla seurataan laitteen käyttökuntoa. Käämin kuntoa voi seurata esimerkiksi käämin vastusta tai virtaa mittaamalla. Mikäli käämin vastus tai virta muuttuu huomattavasti alkuperäisestä, voi olla syytä uusia käämi tai laite. Käämin vastuksen tai virran muuttuessa mittaustarkkuus saattaa heiketä. [11.]

## Elektrodien kunto

Elektrodien kunnon seurannalla havaitaan putken likaantumista ja elektrodien kuntoa. Korjaavana toimenpiteenä voi kokeilla virtauksen kasvattamista yli 3 m/s, jolloin likaantuminen voi vähentyä. Elektrodien kunnon seuranta onnistuu esimerkiksi elektrodin kohinanmittauksen tai potentiaalin mittaamisella. [11.]

## Tyhjä/puoliksi tyhjä putki

Elektrodit ovat yleensä sijoitettuna mittaputken keskikohdalle. Mittaus epäonnistuu, mikäli putkessa virtaava neste ei yletä vähintään yli puolen välin putkea. Tästä seuraa se, että mittaus näyttää nollaa automaatiojärjestelmässä, vaikka putkessa olisikin virtausta. Tieto on yleisesti käytössä komennon 48 tiedoissa. [11.]

## Maadoitus tai johdotusvika

Hyvä maadoitus on ensisijaisen tärkeää magneettisissa virtausmittauksissa. Maadoitus ja johdotusvikaa seuraamalla havaitaan mikäli prosessiaineen ja signaalimuuntimen potentiaali eroaa toisistaan. Pienikin potentiaaliero saattaa haitata mittaussignaalia. [12.]

## Prosessin häiriösignaalin voimakkuus

Prosessin häiriösignaalin voimakkuus, eli process noise signal, joka joissain laitteissa kutsutaan signal to noise ratioksi, ilmaisee virtauksen häiriöt nopeasti nousevalla arvolla. Tällaisia häiriöitä voi olla esimerkiksi liete-vesiseokset tai ilma putkistossa. Häiriön poistamiseksi voidaan koittaa hidastaa virtausnopeus mittaputkessa alle 3 m/s. Myös huonon johtokyvyn omaava neste voi nostaa prosessin häiriösignaalin tasoa.

Mikäli arvo on noussut pitkällä aikavälillä, se tarkoittaa, että elektrodit tai mittaputki ovat saattaneet pinnoittua. Korjaavana toimenpiteenä putkiston virtausnopeudeksi on pidettävä yli 1 m/s.

## Elektroniikan lämpötila

Elektroniikan lämpötilalla voidaan varmistua elektroniikan oikeasta lämpötilasta. Hälytysrajat tulisi asettaa käyttöohjeen mukaisen elektroniikan toiminnan minimilämpötilan yläpuolelle, kuitenkin alle vastaavan maksimilämpötilan. Oletuksena hälytysrajat voisi asettaa esimerkiksi välille  $-20...+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Virtausnopeus

Mittaamalla mitattavan aineen virtausnopeutta voidaan varmistaa mittauksen tarkkuus. Mittauksen tarkkuus heikkenee, mikäli virtausnopeus putkessa on liian alhainen. Eri laitevalmistajilla on eri minimi- ja maksimiarvot. Hälytysrajat tulisi asettaa näiden mukaan.

## Käämin lämpötila

Käämin lämpötilamittauksella (Coil temperature) voidaan seurata mitattavan aineen lämpötilaa. Hälytysrajat tulisi asettaa mitattavan aineen lämpöominaisuuksien mukaan. Alarajahälytyksellä havaittaisiin jäätymiset ja ylärajahälytyksellä mittaputken kannalta liian lämpimät prosessiaineet.

Samalla käämin lämpötilamittauksella havaitaan myös saattojen vikaantuminen.

## Itsediagnosointi

Jotkin laitevalmistajat ovat kehittäneet itsediagnosointityökalun mittalaitteeseen. Mikäli tätä käytetään, on jokainen laite konfiguroitava erikseen. Itsediagnosointityökalut tarkkailevat usein elektrodien kuntoa, virtausnopeutta, johtokykyä ja prosessiaineen muutoksia. Mikäli ennalta asetettujen arvojen perusteella tapahtuu muutoksia, annetaan ilmoitus laitteen näytölle, sekä useimmiten myös HART-komennon 48 vastaukseen. [13.]



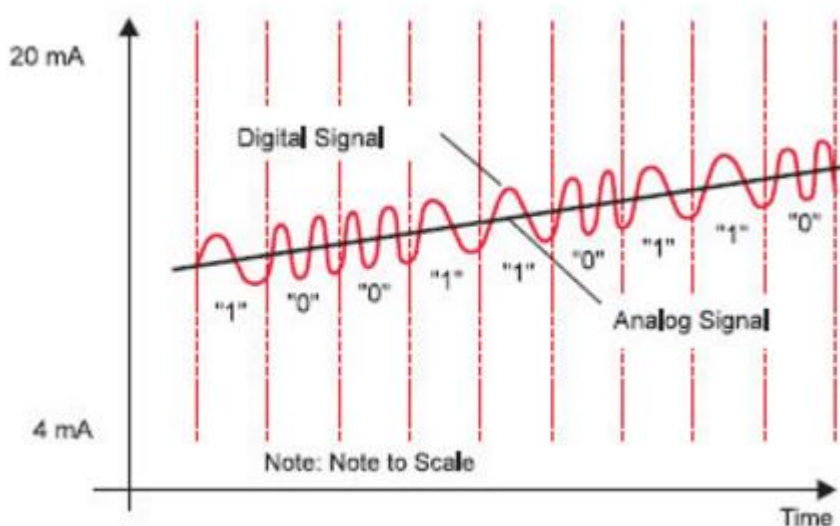
### 3.2.2 Eri laitevalmistajien ratkaisut

Kuten massavirtamittareilla, myös magneettisilla virtausmittareilla on valmistajakohtaisia eroja. Magneettiset virtausmittaukset toimivat samalla periaatteella valmistajasta riippumatta. Silti, elektronikan ja ohjelmiston eroavaisuuksista johtuen, kaikilla valmistajilla on omat tavat esittää tiedot laitteesta. Näin ollen kaikilta laitevalmistajilta ei voida lukea yhdenmukaisia tietoja, vaan tiedot on kerättävä sen mukaan, mitä laitteelta on tarjolla.

## 4 HART-protokolla ja komennot

HART ("Highway Addressable Remote Transducer") on maailmanlaajuinen kommunikointiprotokolla teollisuuden mittaus- ja säätölaitteille. HARTin digitaalisignaali toimii 4–20mA analogisignaalin päällä. Se ei siis häiritse 4–20 mA -virtapiirin toimintaa. HARTin signaali on kaksisuuntainen, mikä tarkoittaa, että laite voi lähettää tietoa automaatiojärjestelmään, tai automaatiojärjestelmästä voidaan lähettää tietoa laitteelle. [14.]

HART-protokolla hyödyntää Bell 202 -kommunikointistandardia (FSK - Frequency Shift Keying). Tämä tarkoittaa, että mA-signaalin päälle lähetetty 1200 Hz:n taajuus tarkoittaa looginen "0" ja 2000 Hz:n taajuus on vastaavasti looginen "1" (kuva 4). [14.]

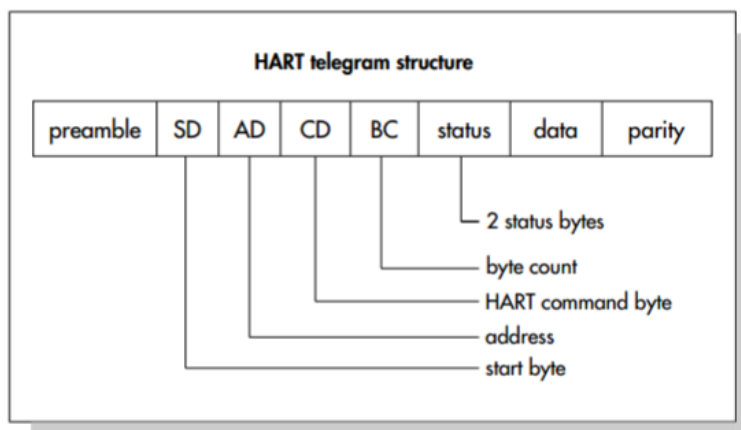


Kuva 4. Esimerkki HART-signaalista mA-signaalin päällä. [14.]

HART-viestiliikenne koostuu kahdesta osasta, joista kumpikin sisältää esipuheen ja viestin. HART-protokolla on niin sanottu isäntä-orja (master-slave) -kommunikaatioprotokolla. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen orja (slave), eli tässä tapauksessa kenttälaitteet, odottelee isännän (masterin) lähettämää pyyntöä tai komentoa ja vastaa siihen komennon viestin mukaan. Viestipyyntö tai komento sisältää isännän esipuheen ja viestin, sekä orjan (kenttälaitteen) vastauksen, joka myös sisältää vastaavasti esipuheen ja viestin. Liikenne on ns. half-duplex eli vuorosuuntaista. Liikenne toimii molempiin suuntiin, mutta vain yksi laite voi lähettää viestejä kerrallaan. Käytännönläheisempänä esimerkkinä radiopuhelinliikenne, jossa lähetetään ja vastaanotetaan puhetta samalla taajuudella, mutta vastaanottaja ei pysty vastaanottamaan puhetta samaan aikaan kun lähettää sitä. [14.]

Taulukko 1. Yhden HART-viestin sisältö koostuu useasta osasta. [15.]

Osan nimi	Selite
Preamble	Esipuhe, kertoo missä Byte Count sijaitsee, indikoi viestin tyypin (5–20 tavua)
SD	Start byte - aloitus tavu, kertoo minkälainen viesti on kyseessä, sekä osoitetyypin (1 tavu)
AD	Address - osoite, jolla kerrotaan mihin laitteeseen ollaan yhteydessä (1–5 tavua)
Expansion	0–3 tavua varattuna mahdollisiin tuleviin protokolla muutoksiin
CD	HART command byte - Komentotavu kertoo mitä tietoa halutaan siirtää, tai mikä toiminto halutaan suorittaa. Toisin sanoen, sisältää HART-komennon (1 tavu)
BC	Byte count - kertoo missä Check Byte sijaitsee ja kuinka monta tavua viesti sisältää. Vastaanottaja tietää tämän avulla milloin viesti loppuu (1 tavu)
Status	2 status bytes - kaksi status tavua, käytössä vain orjan vastauksissa. Kertoo mahdollisista kommunikointivioista lähtevässä viestissä
Data	Message - Viesti (0–253 tavua). Viestikenttää ei välttämättä lähetetä joka kerralla, riippuen komennosta. Viestikenttä sisältää HART-komennon
Parity/check byte	Pariteetti/tarkastus tavu (1 tavu). Tämän tavun avulla havaitaan kommunikointivikoja.



Kuva 5. HART-viestin rakenne [16.]

HART-viestin tapahtuma jakautuu 25 viestimerkkiin + 10 hallintamerkkiin. Viestin koko on 35 merkkiä x 11 bittiä, eli 385 bittiä. Viesti kulkee taajuudella 1200 Hz, joten yhden bitin lähetysnopeus on 1/1200 bit/s, eli 0,83 ms. Tämän avulla saadaan laskettua lähetyssaika 385 bittiä x 0,83 ms, eli yhden viestin lähetys kestää noin 0,32 s per suunta. Lähetys ja vastaanotto kestävät yhteensä keskimäärin noin 500 ms. [16.]

Jokaisella laitteella on 38-bittinen (eng. bit) osoite, joka koostuu valmistajan ID-numerosta, laitteen tyyppikoodista ja laitteen yksilöidystä tunnistusnumerosta. Yksilöity tunnistusnumero koodataan jokaiseen laitteeseen valmistusvaiheessa. [15;17]

Kenttälaitteiden yleisin HART-versio on versio viisi. HARTin viimeisin versionumero on seitsemän. Suurin ero aikaisempien versioiden välillä on, että HART 7 sisältää tuen langattomalle HARTille ja komento numero 48 on siirretty tavanomaisista komennoista yleisiin komentoihin. Uudet, version 5 jälkeiset HART-versiot ovat yhteensopivia vanhempien versioiden kanssa ja vanhat versiot ovat myös yhteensopivia uudempien versioiden kanssa.

#### 4.1 HART komennot

HART-komentoja on yhteensä 254 kpl (komennot 0–253). Komennot on jaettu kolmeen osaan: yleiset (universal) komennot 0–30, tavanomaiset (common practice) komennot 32–121 ja laitekohtaiset (device specific) komennot 128–253. [18.]

#### 4.1.1 Yleiset komennot

Yleiset komennot ovat ennalta määriteltyjä ja kaikki HART-laitteet tunnistavat nämä komennot. Minimivaatimuksena näille komennoille ovat positiotunnus, mitta-alue, mit-tayksikkö, tilatiedot ja hälytykset. Komennot on oltava käytössä HART-spesifikaatioiden mukaisesti. [18.]

Esimerkkejä komennoista:

- Komento #0 - Lukee laitteen yksilöidyn tunnistetiedot (read unique identifier).
- Komento #3 - Lukee laitteen ennalta määritellyt arvot PV/SV/TV/QV.
- Komento #48 - Tilatietoja laitteen toiminnasta.

#### 4.1.2 Tavanomaiset komennot

Tavanomaiset komennot ovat suosituksia, jotka ovat monessa laitteessa käytössä, mutta eivät ole pakollisia. Tavanomaisiin komentoihin kuuluvat esimerkiksi

- valmistajan ja laitteen tyyppi
- PV/SV/TV/QV tietojen haku
- laitteelle määritettyjen mitta-alueen ja yksiköiden luku.

#### 4.1.3 Laitekohtaiset komennot

Laitekohtaisissa komennot ovat erilaisia jokaisella valmistajalla ja laitetyypillä. Nämä komennot sisältävät valmistus-, kalibrointi- ym. tietoutta. Laitekohtaiset komennot ovat useimmiten saatavilla laitevalmistajalta. Näihin komentoihin luetaan esimerkiksi

- kalibrointi (zero ja span)
- kenttälaitteen uudelleenkäynnistys
- kenttälaitteen mitta-alueen muuttaminen.

#### 4.1.4 Komento 48

Komento 48 palauttaa tilatietoja kenttälaitteen toiminnasta. Komennon vastaus on erilainen riippuen HART-versiosta.

HART 5:n komento 48 palauttaa enintään yhdeksäntavuisen viestin. Ensimmäiset kuusi tavua (tavut 0–5) sisältää laitekohtaisia statuksia. Ensimmäinen tavu sisältää kriittisiä statuksia, toinen ja kolmas tavu sisältää ei-kriittisiä statuksia. Jokainen status-tavu on jaoteltu kahdeksaan bittiin, joiden perusteella data saadaan käyttöön (taulukko 2).

Taulukko 2. Esimerkki komennon 48 (HART 5 )vastauksesta

Status Type	Bit	Command 48 Status
<b>Critical status</b> (Byte 1)	7	Unused
	6	Unused
	5	Sensor Comm Timeout
	4	Meter Body Critical Failure
	3	Electronic Module Diag Failure
	2	Config Data Corrupt
	1	Meter Body NVM Corrupt
	0	Electronic Module DAC Failure
<b>Non critical status</b> (Byte 2)	7	No DAC Compensation
	6	No Factory Calibration
	5	PV Out of Range
	4	Fixed Current Mode
	3	Sensor Over Temperature
	2	Meter Body Excess Correct
	1	Electronic Module Comm Failure
	0	Display Failure
<b>Non critical status 2</b> (Byte 3)	7	Low Supply Voltage
	6	No DAC Calibration
	5	Tamper Alarm
	4	Meter Body Unreliable Comm
	3	Loop current noise
	2	AO Out of Range
	1	URV Set Error - Span Config Button
	0	LRV Set Error - Zero Config Button

HART 7:n komento 48 palauttaa enintään 25 tavuisen laitekohtaisen vakioviestin, joka on ryhmitelty seuraavanlaisesti:

- Tavut 0–5 - Laitekohtaiset statukset
- Tavu 6 - Laajennettu laitteen status
- Tavu 7 - Laitteen operointitila
- Tavut 8–10 - Analoginen kanava saturoitunut (MSB most significant byte, tavu joka lähetetään ensimmäisenä - LSB least significant byte, tavu joka lähetetään viimeisenä)
- Tavut 11–13 - Analoginen kanava ei päivity (fixed) (MSB-LSB)
- Tavut 14–24 - Laitekohtaiset statukset
- Kaikkien laitteiden on tuettava ainakin tavuja 0–7, sisältäen extended device status ja device operating mode. Jos laitteella on enemmän kuin yksi analogialähtö, on sen myös palautettava tavut 8–13 (analogisen kanavan statukset)

## 5 Kunnonvalvonta

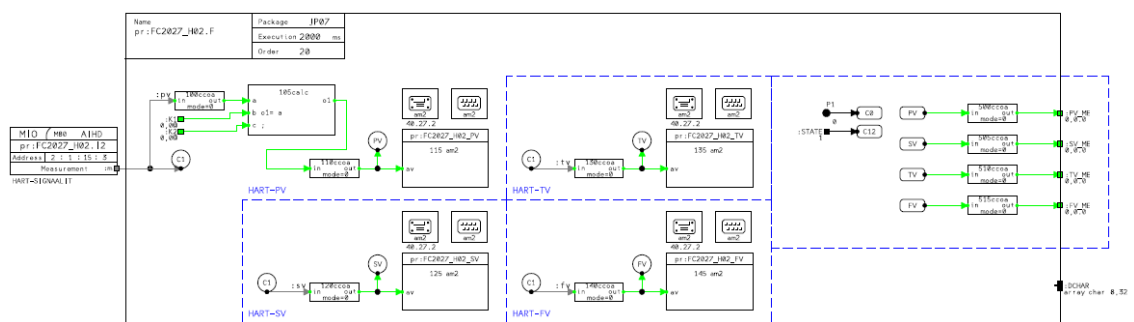
Kunnonvalvontaa suoritetaan automaatiojärjestelmän HART-lisätietoikkunan ja Field Device Managerin kautta. HART-tiedoista saadaan generoitua hälytyksiä automaatiojärjestelmän hälytyslistalle. FDM:stä automaatiokunnossapito saa tiedot halutessaan, eikä varsinaisia hälytyksiä pystytä generoimaan.

FDM:n tiedot kerätään pääsääntöisesti HART-komennolla nro 48. Tämän komennon vastaus sisältää laitekohtaisen standardiviestin, josta käytetään halutut statukset. Joissain Metson asennoittimien FDM:ään kerätyissä tiedoissa on käytetty muitakin komentoja.

Esimerkiksi Metson ND9000-asennoittimen XML-tiedoston avulla kerätään mm. kommentojen 204 (read counter data), 206 (read trend data) ja 207 (read histogram data) tietoja. Nämä tiedot sisältävät esimerkiksi diagnostiikkaa toimilaitteen iskujen määrästä, historiadataa venttiilin asennosta, sekä tietoja kommunikointiongelmien määrästä.

## 5.1 Valmet DNA HART -ikkunat

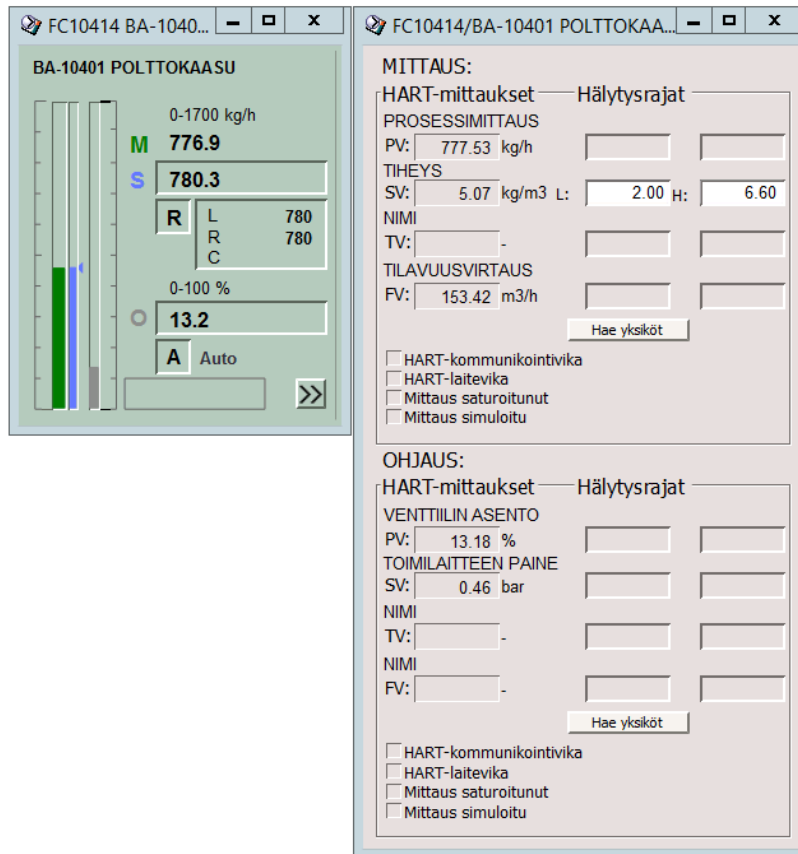
Valmetin automaatiojärjestelmän MIO I/O -kortteissa on HART-modeemi jokaisessa kanavassa. Tämän ansiosta kenttälaitteelta voi kysellä, laitteesta riippuen, useita eri tietoja. Vakiomallipiirissä haetaan neljää eri tietoa: FV, SV, TV ja QV. Tiedot määritellään automaatiojärjestelmän sovellukseen, sekä kenttälaitteelle. Automaatiojärjestelmässä käytetään HART-liityntälohkoa, jonka avulla signaalista eritellään HART-tiedot. Erittelyn jälkeen HART-tiedot eriytetään omiksi tiedoiksi operointinäyttöä ja historian keruuta varten (kuva 6).



Kuva 6. HART-tiedon käsittely automaatiojärjestelmässä

Oletusarvojen lisäksi laitteelta voi tuoda muitakin HART-tietoja, mikäli valmistajalta on saatavilla HART-komennot tietojen kyselyä varten.

HART-tietojen arvot, sekä hälytysrajat ja yksiköt näytetään omassa lisäikkunassa (kuva 7). Lisäikkunassa on nappi, jolla saa haettua ennalta määritellyt yksiköt. Mikäli hälytysrajat ovat käytössä, ovat ne ennalta määriteltäviä, mutta operaattorin vapaasti muutettavissa. Lähes kaikista laitteista tuodaan vähintään elektroniikan, tai mittauskennon lämpötila, jolla voi tarkkailla mm. saattojen ja kaappilämmitysten kuntoa jäätymisen varalta talviaikaan.



Kuva 7. Piirikuva, sekä HART-ikkuna Valmetin järjestelmässä

## 5.2 Valmet DNA Field Device Manager

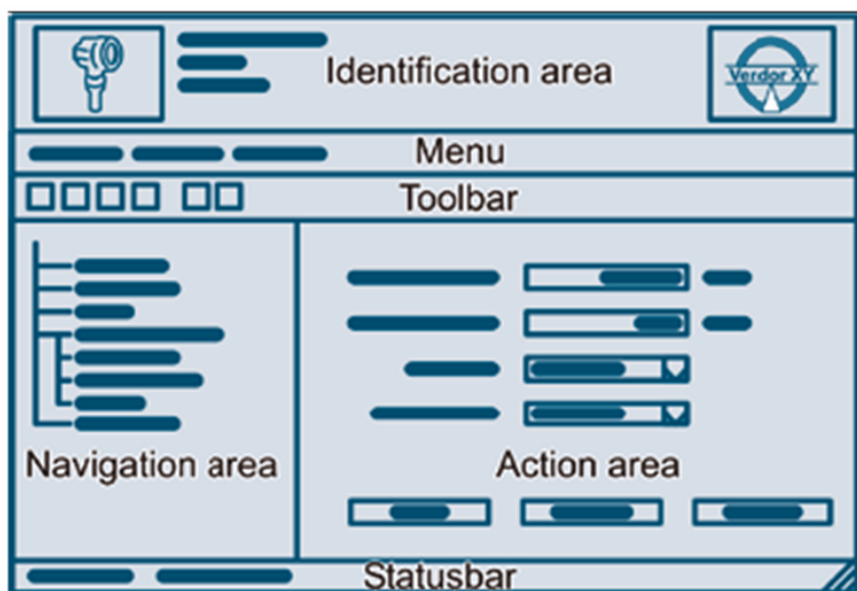
Field Device Manager on Valmet DNA -järjestelmän kenttälaitteiden hallintatyökalu. FDM koostuu kahdesta ohjelmistotuotteesta, kenttälaitteiden konfigurointiin tarkoitetusta Field Device Managerista, sekä Field Device Condition Monitoringista, joka on tarkoitettu laitteiden kunnonvalvontaan. [19.]

Field Device Managerin päätehtävät ovat laitteiden konfigurointi ja käyttöönotto, diagnostiikka, huoltotoimenpiteet sekä kunnonvalvonta. [19.]



### 5.2.1 Field Device Manager

Field Device Manager on tarkoitettu kenttälaitteiden konfigurointiin. Käyttöliittymänä toimii Valmet DNA:n DNA Explorer -suunnitteluohjelma. Valmetin Field Device Manager on osa Valmetin automaatiojärjestelmää (kuva 8). [19.]



Kuva 8. DTM-käyttöliittymän tyypillinen rakenne [19.]

Kenttälaitteiden kommunikointi toimii PROFIBUSin tai HARTin kautta. Laitekonfigurointi ja kommunikointi perustuu FDT/DTM-teknologiaan. Laitteita, jotka tukevat edellä mainittua teknologiaa, voidaan käyttää ja konfiguroida FDM:n avulla koko Valmet DNA -verkossa. [19.]

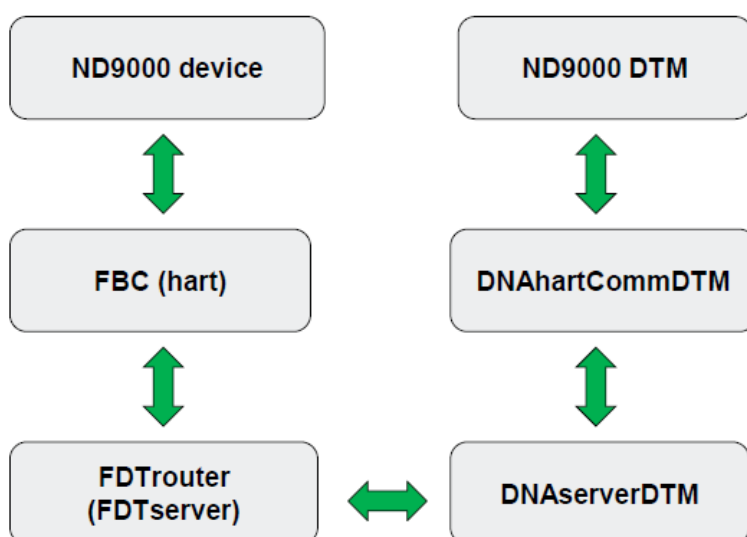
FDT, eli Field Device Technology, on kenttälaitteen ja automaatiojärjestelmien välille standardoitu rajapinta (IEC 62453 ja ISA103). FDT:tä on olemassa kahta versiota, FDT1.2, sekä uudempi FDT2. Nämä eroavat toisistaan niin, että FDT1.2 pohjautuu Microsoftin COM-alustalle (Component Object Model) ja FDT2 Microsoftin .NET-teknologiaan. FDT2 on täysin yhteensopiva FDT1.2:n kanssa.

DTM, eli Device Type Manager, on ohjelmistokomponentti, joka sisältää laitekohtaisia sovelluksia ja toimii kuten ajurit tietokoneen lisälaitteille. DTM:t ovat jokaisen laitteen valmistajien itse kehittämiä ja valmistajat takaavat oman laitteensa DTM:n toimivuuden. FDT Group on itsenäinen yritys, joka testaa laitevalmistajien DTM:t. Laitteen DTM saa FDT Groupin myöntämän sertifikaatin, kun laitteen DTM läpäisee FDT Groupin testit.

DTM:t jakaantuvat kolmeen eri tyyppiin:

- Kommunikointi-DTM, jota käytetään laite-DTM:n ja laitteen väliseen kommunikointiin, esimerkkinä DNA serverDTM ja DNA Hart communication DTM.
- Gateway-DTM, joka reitittää liikennettä eri protokollien välillä esim. PROFIBUS-HART.
- Laite-DTM toimii laitteen ajurina ja sillä on oma käyttöliittymä, jonka avulla laitetta voi hallita ja ylläpitää.

Jotta saadaan muodostettua yhteys laite-DTM:n ja laitteen välille, on käytettävä useita eri kommunikointi-DTM:iä (kuva 9). [19.]



Kuva 9. Esimerkki miten ND9000-asennoitin on kytketty laite-DTM:ään Valmetin automaatiojärjestelmässä [19.]

Laite-DTM:n on toimittava yhdessä kommunikointi-DTM:n ja gateway-DTM:n kanssa, jotta se voi olla yhteydessä kentälaitteeseen. [19.]

HART-laitteet joilla ei ole laitekohtaista DTM:ää, voivat käyttää Generic HART DTM:ää. Generic HART DTM:n toiminnot on rajoitettu vakio-HART-toimintoihin. PROFIBUS-laitteille, joilla ei ole laitekohtaisia DTM:iä, voi olla saatavilla joitain profiili-DTM:iä. [19.]

### 5.2.2 Field Device Condition Monitoring

Field Device Condition Monitoring on sovellus, joka on tarkoitettu kenttälaitteiden kunnonvalvontaan. Condition Monitoring -sovellus koostuu useammasta osasta, jotka on kerrottu taulukossa 3.








Condition Monitoring -kommunikointiin käytetään laitetyyppikuvauksia (DTD) laiteparametrien määrittämiseen. Laitetyyppikuvaukset tallennetaan XML-muotoon ja niiden tulisi sisältää seurattut parametrit, niiden hälytysarvot, sekä laitteen tiedot. CM kyselee mainittuja parametreja ja tallentaa arvot tietokantaan. Käyttöliittymänä toimii web-pohjainen Field Device Condition Monitoring web -käyttöliittymä (kuva 10). [19.]

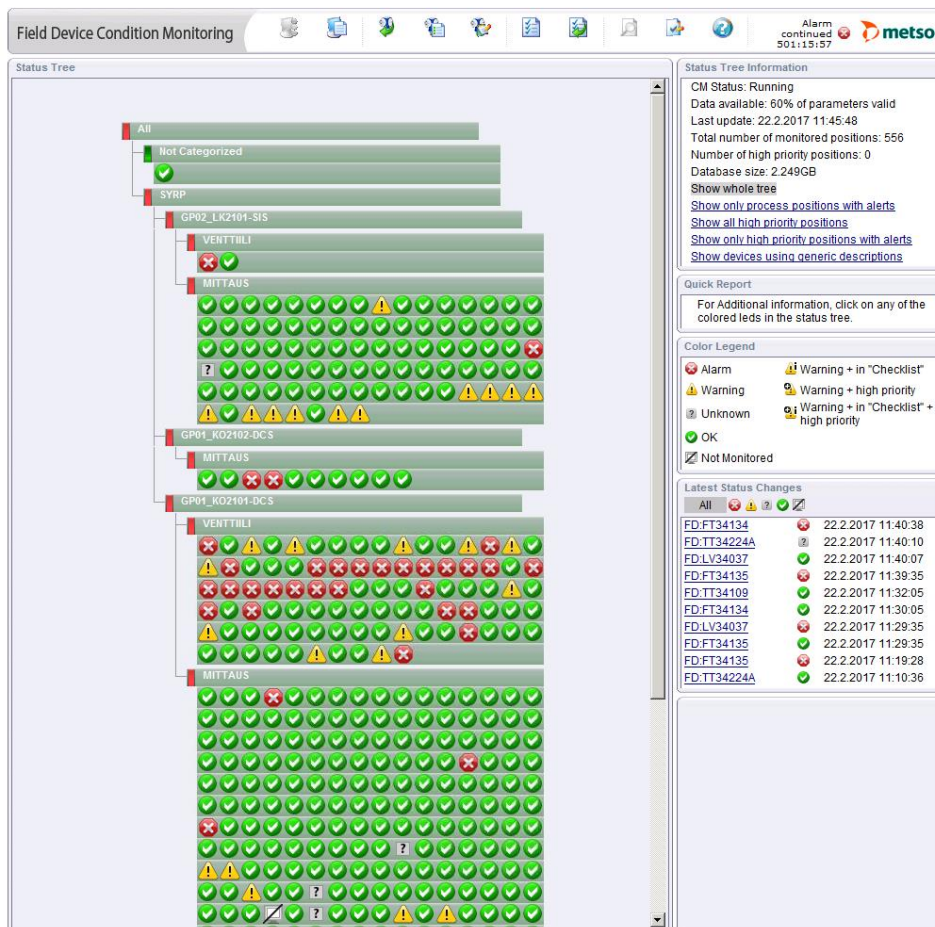
Taulukko 3. Field Device Condition Monitoring koostuu useasta eri moduulista. [19.]

DB Server	Tietokantapalvelin kaikille Field Device CM -moduuleille
Guardian	Esittää kunkin moduulin tilan ja ohjaa sitä. Voidaan käyttää muiden moduulien käynnistämiseen ja sulkemiseen
ConditionMonitoring	Lukee laiteparametrit laitteilta, sekä kerää trendit ja laskee laitetilat
WebReporter	Luo raportteja Condition Monitoringin tiedoista
EMailer	Lähetää sähköposteja laitteiden tilamuutoksista
ODBC Notifier	Ilmoittaa muille sovelluksille Condition Monitoringin laitteiden tilamuutoksista
EventForwarder	Raportoi laitteiden tilamuutoksista sekä muutoksista, jotka on tehty DNAalarmHistorian-tietokannan hälytys- ja varoitusrajoihin
Soap Server	Tarjoaa web-palvelinyhteyden kunnonvalvonnan tietokantaan.

Osana CM web-käyttöliittymää on Status Monitor -ikkuna (kuva 10). Kaikki seurattavaksi määritetyt laitteet näytetään Status Tree -puussa. Hierarkia perustuu automaatiojärjestelmän i/o-kytkentäkaappien ja prosessiasemien mukaan. Status Monitorissa laitteiden kunto kerrotaan eri väreillä ja kuvakkeilla (taulukko 4).

Taulukko 4. Status Monitorin värien ja kuvakkeiden selitykset. [19.]

Kuvake	Selitys
	<b>Fault</b> , punainen stop-merkki, jossa on rasti. Laite on vikatilassa.
	<b>Function check</b> , oranssi kolmio, jonka päällä on jakoavain. Laite on vikatilassa ja se tulisi tarkistaa.
	<b>Out of specification</b> , keltainen kolmio, jossa on huutomerkki. Laite on tuntemattomassa vikatilassa.
	<b>Maintenance required</b> , sininen neliö jossa on öljypullo. Laite tarvitsee ylläpitoa tai huoltoa.
	<b>Unknown</b> , sininen kolmio, jossa on kysymysmerkki. CM yrittää havainnoida laitteen tilaa, mutta se ei jostain syystä onnistu.
	<b>OK</b> , vihreä ympyrä, jossa on tarkistusmerkki. Laite toimii normaalisti.
	<b>Not Monitored</b> , harmaa näyttö joka on vedetty yli viivalla. Laitetta ei ole määriteltä seurantaan.



Kuva 10. Kuva käytössä olevasta Field Device Condition Monitoring -ikkunasta

Laitekohtaisia lisätietoja saadaan valitsemalla kuvake (laite) Status Treestä. Lisätiedoissa on laitekohtaisesti määriteltäviä hälytyksiä. Laitekohtaiset hälytykset luetaan suoraan laitteelta HART:in avulla. Laitetyyppikohtaiset hälytykset ja halutut tiedot määritellään XML-tiedostoon Valmet DNA -järjestelmän FDMS1-palvelimelle (kuva 11). Mikäli laitekohtaista XML-tiedostoa ei ole tehty ja asennettu järjestelmään, käytetään geneeristä xml-tiedostoa. Tämä tiedosto sisältää ainoastaan komennon 1 tiedot. Nämä on geneerisessä XML-tiedostossa nimetty seuraavasti:

- Tavu 0, bitti 0 - PV out of limits
- Tavu 0, bitti 1 - Non PV out of limits
- Tavu 0, bitti 2 - Analog output saturated
- Tavu 0, bitti 3 - Analog output fixed
- Tavu 0, bitti 4 - More status available
- Tavu 0, bitti 5 - Cold start
- Tavu 0, bitti 6 - Configuration changed
- Tavu 0, bitti 7 - Device malfunction.

Field Device Condition Monitoring

Alarm continued 809:11:53 metso

Device Selector

- All
  - Not Categorized
  - M\_RL
    - MP07\_LK2205
      - VENTTIILI
      - MITTAUS
    - MP07\_LK2204
      - MITTAUS
    - MP07\_LK2203
      - VENTTIILI

Tag contains

Tag	Class	Bus Type
FD.FV33808	Positioner	HART
FD.FV33810	Positioner	HART
FD.FV33812	Positioner	HART
FD.FV33821	Positioner	HART
FD.FV33834	Positioner	HART
FD.FV33835	Positioner	HART
FD.FV33836	Positioner	HART
FD.FV33837	Positioner	HART
FD.FV33838	Positioner	HART
FD.FV33840	Positioner	HART
FD.FV33841	Positioner	HART
FD.FV33842	Positioner	HART
FD.FV33843	Positioner	HART
FD.FV33845	Positioner	HART
FD.FV33846	Positioner	HART
FD.FV33885	Positioner	HART
FD.FV33886	Positioner	HART
FD.HV33803	Positioner	HART
FD.HV33804	Positioner	HART
FD.LV33811	Positioner	HART
FD.LV33812	Positioner	HART
FD.LV33813	Positioner	HART
FD.LV33880	Unknown	HART
FD.PV33815	Positioner	HART
FD.PV33819A	Positioner	HART
FD.PV33819B	Positioner	HART
FD.PV33883	Positioner	HART
FD.TV33833	Positioner	HART
FD.TV33836A	Positioner	HART
FD.TV33836B	Positioner	HART
FD.TV33838	Positioner	HART
FD.TV33895	Positioner	HART
FD.TV33897	Positioner	HART
FD.ZCV33822	Positioner	HART

Device Parameters

Field Device Condition Monitoring  
Device Parameters

Tag: AILM\_RL.MP05\_KO2203.VENTTIILI.FD.TV33836B  
HART/Neles Controls/ND9000/ND9000H1.xml

Manufacturer: Neles Controls  
Device Model: ND9000H  
Serial number: 2900100  
Device Revision: 1  
Priority: Normal

Device Installed: 12.6.2015 15:04:41  
In Position

Report Generated: 7.3.2017 8:32:51  
Report time starts: 28.2.2017 8:32:51  
Report time ends: 7.3.2017 8:32:51

Boolean type parameters

Status	Parameter	Value	On true value	Last Read	Period
OK	Configuration Changed	True	OK	N/A	N/A
OK	Dynamic State Deviation Warning	False	Warning	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Load For Opening High Alarm	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Load For Opening High Warning	False	Warning	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Load For Opening Low Alarm	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Load For Opening Low Warning	False	Warning	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Continued Processor Reset	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Device in Failsafe Mode	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Friction Problem	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Hunting Detection Warning	False	Warning	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Device in Manual Mode	False	Warning	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Parameter Corrupted	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Pneumatics Problem	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Position Sensor Failure	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Pressure Sensor 1 Failure	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Pressure Sensor 2 Failure	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Pressure Sensor 3 Failure	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25
OK	Prestage Cut	False	Alarm	7.3.2017 8:31:26	00:17:25

Field Device Condition Monitoring

Kuva 11. Valmetin Field Device Condition Monitoring näkymä Metson ND9000H

Field Device Condition Monitoring -laitekohtaisesta näkymästä voidaan tarkistaa kentälaitteelta tuleva arvo (true/false), sekä muuttaa arvon tapahtuma. Eli tarkoittaako True-arvo hälytystä (Alarm), varoitusta (Warning), tai että laite on kunnossa (OK). On true value -arvon muuttaminen onnistuu alasvetovalikosta, johon pääsee käsiksi painamalla Edit Limits -painiketta (kuva 12).

				Refresh			
Parameter	Value	Status	On true value	Last	Period		
<a href="#">Configuration Changed</a>	True	✓	<input type="button" value="OK"/>	N/A	N/A	Save	Cancel
<a href="#">Dynamic State Deviation Warning</a>	False	✓	<input type="button" value="Warning"/>	7.3.2017 8:31:26	00:17:25	Edit Limits	
<a href="#">Load For Opening High Alarm</a>	False	✓	<input type="button" value="Alarm"/>	7.3.2017 8:31:26	00:17:25	Edit Limits	

Kuva 12. Alasvetovalikko On true value -valinnalle

Jotta tietoja voidaan hakea laitteelta, on XML-tiedostoon määriteltävä halutut tiedot ja niiden HART-komennot. Tällä hetkellä on käytössä lähinnä HART-komento #48, jolla saadaan perustiedot laitteelta. Komento #48 on boolean-totuusarvotyyppinen tieto (true/false). Komennot on selostettu kohdassa HART-protokolla ja komennot (4.1 HART komennot). Laitteilta on myös mahdollisuus tuoda float- eli liukulukutyyppisiä arvoja, joille voidaan määritellä kenttälaitteen rajoista ja asetuksista riippumattomia omia raja-arvoja.

#### Float type parameters



			Alarm		Warning		Refresh	
Status	Parameter	Value	High	Low	High	Low	Last Read	Period
<input checked="" type="checkbox"/> Unknown	Dynamic State Deviation	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	7.3.2017 7:56:20	14:41:30
<input checked="" type="checkbox"/> Unknown	Load For Opening	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	7.3.2017 7:56:20	14:41:30
<input checked="" type="checkbox"/> Unknown	Spool Valve Position	54.52	N/A	N/A	N/A	N/A	7.3.2017 7:56:20	14:41:30
<input checked="" type="checkbox"/> Unknown	Steady State Deviation	0.05	N/A	N/A	N/A	N/A	7.3.2017 7:56:20	14:41:30
<input checked="" type="checkbox"/> Unknown	Stiction	1.37	N/A	N/A	N/A	N/A	7.3.2017 7:56:20	14:41:30

Kuva 13. Esimerkki Metson asennoittimen ND9000H:n float-tiedoista

Joistain laitteista tuodaan myös float-tietoja eli liukulukuja. Näille voidaan määritellä ylä- ja alahälytysrajat sekä ylä- ja alavaroitusrajat. Kuvassa 13 on esimerkkejä tiedoista, joita tuodaan Metson ND9000H-asennoittimista. Näitä tietoja ei ole määriteltä seurantaan, mutta tiedot haetaan silti laitteelta. Value-kenttä kertoo haetun tiedon arvon ja Last Read -kenttä haun ajankohdan.

## 6 XML-tiedoston muokkaaminen

XML-tiedoston muokkaaminen onnistuu notepad-ohjelmalla tai vastaavalla. Esimerkiksi notepad++ -ohjelma oli selkeä ja helppokäyttöinen.

### 6.1 XML-tiedoston rakenne

XML-tiedosto on jaettu kolmeen osaan: laitteentunnistusosuuteen, komento-osuuteen, sekä muuttuja-osaan.

Alkuosassa, joka on tässä esimerkissä nimetty DeviceTypeIdentification, tunnistetaan, mikä laite on kyseessä. Tässä osuudessa kerrotaan, mitä väylätyyppiä käytetään (HART), haettavan laitteen valmistajan yksilöity numerokoodi, laitemallin numerokoodi, sekä laitteen versio (kuva 14).

```
<DeviceTypeIdentification>
  <Bus>HART</Bus>
  <DeviceType UseGenericDescription="false">
    <ManufacturerCode>87</ManufacturerCode>
    <DeviceTypeCode>229</DeviceTypeCode>
    <Revision>3</Revision>
  </DeviceType>
</DeviceTypeIdentification>
```

Kuva 14. XML-tiedoston laitteentunnistusosa

Toisessa, eli komento-osuudessa, annetaan komennolle nimi sekä kerrotaan, mitä komentoa halutaan kysellä ja kuinka iso komennon paluuviesti on kooltaan. Tässä esimerkissä komennolle annetaan nimi MoreStatus, komennon paluuviestin koko on 25 tavua ja kysyttävä komento on komento numero 48 (kuva 15).



```

<CommData name="MoreStatus">
  <HARTCommAddress>
    <BlockSize>25</BlockSize>
    <CmdNumber>48</CmdNumber>
  </HARTCommAddress>
</CommData>

```

Kuva 15. XML-tiedoston komento-osuus

Kolmannessa, eli muuttuja-osuudessa, annetaan muuttujille nimi, joka näkyy Condition Monitoring -näytöllä. Tässä esimerkissä nimeksi on annettu Temperature Warning. Muuttujalle on myös kerrottava, minkä tyyppinen muuttuja on kyseessä. Tässä tapauksessa vastaukseksi odotetaan Bool-tyyppiä. Näiden lisäksi on myös komento 48 jaettu useaan eri tavuun ja bittiin. Esimerkissä komento 48 on aiemmin alustettu nimelle MoreStatus. Muuttujat voivat näin ollen hakea komentoa 48 MoreStatus-nimellä. Datatyyppiä annetaan bitti ja tavu jaetaan useaksi bitiksi. Esimerkissä käytetään tavun 15 bittiä 1. Jos bitin arvon ollessa tosi (true) halutaan generoida varoitus Condition Monitoringin näytölle, kerrotaan se Value- ja Status -kohtien avulla. Vaihtoehtoisesti kyseessä voisi olla Alarm esimerkiksi arvona epätosi (false) (kuva 16).

```

<Variable name="TemperatureWarning">
  <Description language="en">Temperature Warning</Description>
  <VariableDataType>Bool</VariableDataType>
  <Value>
    <CommDataReference commDataName="MoreStatus">
      <Address>
        <Datatype>bit</Datatype>
        <ByteNumber>15</ByteNumber>
        <BitNumber>1</BitNumber>
      </Address>
    </CommDataReference>
  </Value>
  <BooleanRule>
    <Value>true</Value>
    <Status>warning</Status>
  </BooleanRule>
</Variable>

```

Kuva 16. XML-tiedoston muuttujaosuus

## 6.2 Muokkaaminen

Testilaitteeksi valittiin Micro Motion 2700 Analog Output -massavirtamittari. Alkuun koitimme hakea komentoa numero 214 ja tavuja 0–3. Tämä komento palauttaa mittaputken taajuuden hertseinä. Koska tavuja on neljä ja jokainen tavu sisältää 8 bittiä, on kyseessä float32-komento. Muokkaaminen tehtiin Notepad++ -ohjelman avulla.

XML-tiedosto sisälsi jo ennestään komennon 48, joten tehtäväksi jäi lisätä alkuosaan CommData-kohtaan oma osuus komennolle. Komento 48 sisälsi useita undefined-tietoja, jotka eivät näennäisesti ole käytössä. Nämä tiedot saattavat sisältää valmistajan omaa diagnostiikkaa, jota ei haluta jakaa käyttäjille. Nämä tiedot sisällytetään kyselyihin. Mikäli esiintyy tarve näiden käyttöönotolle, voidaan ne ottaa käyttöön muokkamalla ne näkyviksi XML-tiedostosta. Uusi komento nimettiin valmistajan tarjoaman HART-komento -ohjeen mukaisesti "ReadTransmitterPoints". Komennon tavut oli ohjeen mukaan numeroitu 0–24, joten BlockSizen, eli kyselyn koon kohdalle kirjattiin 25 tavua (kuva 17). [19.]

```
<CommData name="ReadTransmitterPoints">
  <HARTCommAddress>
    <BlockSize>25</BlockSize>
    <CmdNumber>214</CmdNumber>
  </HARTCommAddress>
</CommData>
```

Kuva 17. Micro Motion 2700 Analog Output komennon 214 nimeäminen komento-osuudessa

Muuttujaksi valittiin mittaputken taajuus (tube frequency). Muuttujan nimeksi annettiin "tubefrequency" ja Condition Monitoring näytöllä näkyväksi nimeksi annettiin Tube Frequency (kuva 18). Edellä mainitun komennon nimeämisen mukaan haetaan komennosta ReadTransmitterPoints tavua 0–3 float32-tyyppisenä. Tällöin riittää, että ByteNumber-kohtaan kirjataan ensimmäinen tavu, joka tässä tapauksessa on 0.

```

<Variable name="tubefrequency" visible="true" checkStatus="false">
  <Description language="en">Tube Frequency</Description>
  <VariableDataType>Float</VariableDataType>
  <Value>
    <CommDataReference commDataName="ReadTransmitterPoints">
      <Address>
        <Datatype>float32</Datatype>
        <ByteNumber>0</ByteNumber>
      </Address>
    </CommDataReference>
  </Value>
</Variable>

```

Kuva 18. Micro Motion 2700 Analog Output mittaputken taajuuden lisääminen muuttujaosuuteen

Mikäli kyseltävälle komennolle halutaan asettaa hälytysrajoja, on ne kirjattava Float-Rulen avulla Variable-kohdan loppuun kuvan 19 mukaisesti.

```

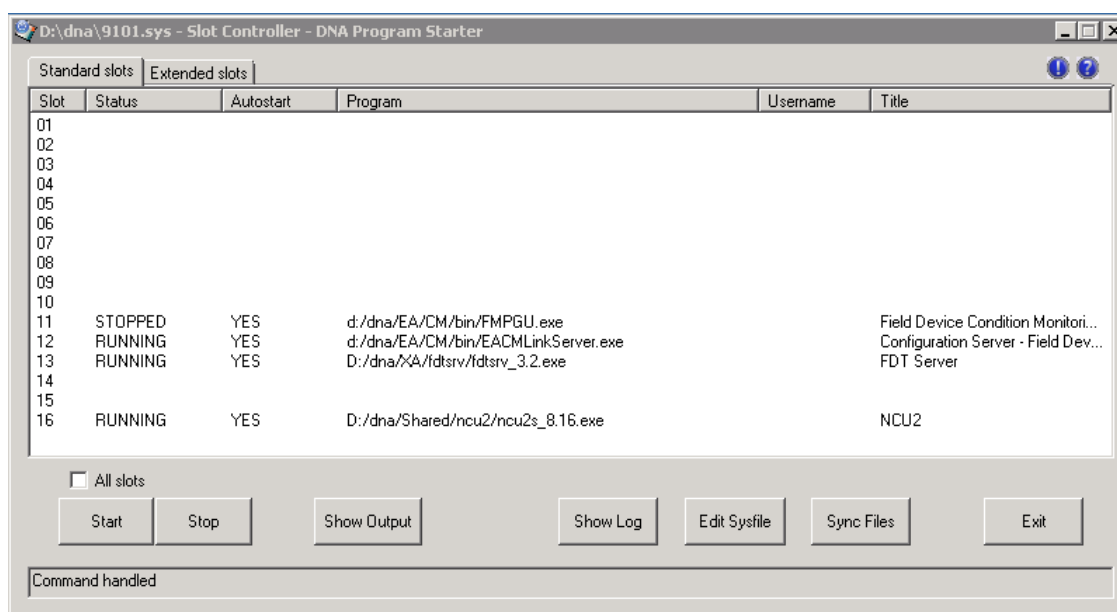
<FloatRule>
  <AlarmHigh>
    <DefaultValue>90.0</DefaultValue>
  </AlarmHigh>
  <AlarmLow>
    <DefaultValue>10.0</DefaultValue>
  </AlarmLow>
  <WarningHigh>
    <DefaultValue>80.0</DefaultValue>
  </WarningHigh>
  <WarningLow>
    <DefaultValue>20.0</DefaultValue>
  </WarningLow>
</FloatRule>
</Variable>

```

Kuva 19. Hälytys- ja varoitusrajojen määrittely XML-tiedostoon

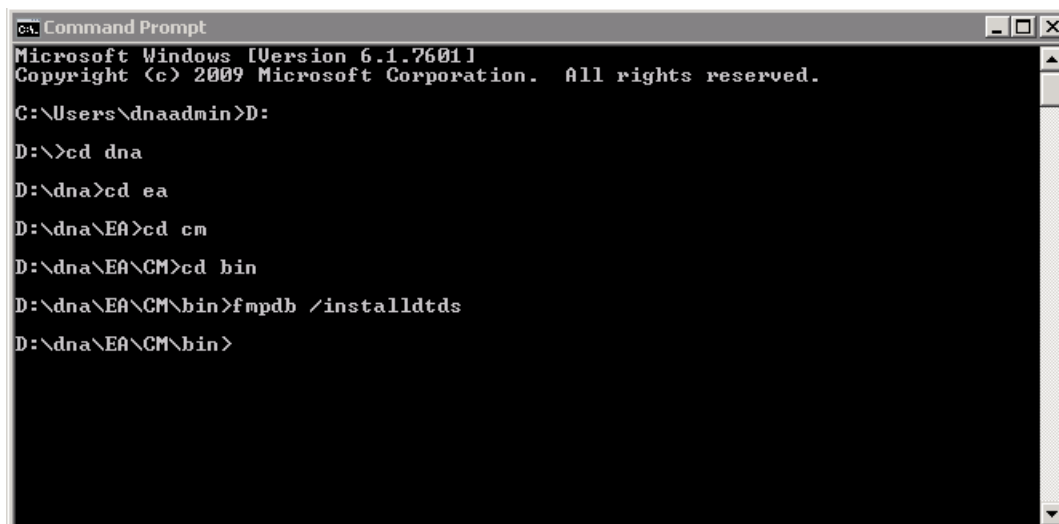
### 6.3 XML-tiedoston lataaminen järjestelmään

HART-laitteiden XML-tiedostot löytyvät FDMS1-palvelimelta kohdasta D:\dna\EA\CM\cm\cm\HART. Jokaisella laitevalmistajalla on oma kansio, joka taas sisältää jokaiselle laitteelle oman kansion. Laitekansiossa saa olla ainoastaan yksi XML-tiedosto jokaista laiteversiota kohden. Jotta XML-tiedoston voi ladata järjestelmään, on kunnonvalvonta ensin pysäytettävä SlotControllerin avulla. Pysäytettävä ohjelma on nimeltään FMPGU.exe, ja se näkyy normaalitilanteessa SlotControllerin listauksessa tilassa RUNNING. Pysäyttämiseen menee noin minuutti, ja se näkyy tilamuutoksina STOPPING ja myöhemmin STOPPED (kuva 20).



Kuva 20. SlotControllerin näkymä. Condition Monitoring on pysäytetty-tilassa

Kun Condition Monitoring on pysäytetty, voidaan korvata vanha tiedosto muokatulla, tai vaihtoehtoisesti lisätä uusi tiedosto. Muokkausten jälkeen avataan komentokehote (cmd.exe) Windowsin käynnistä-valikosta. Kansiossa D:\dna\EA\CM\bin käynnistetään sovellus FMPDB /installDTDs (kuva 21). Ohjelma tarkistaa, mihin tiedostoihin on tehty muutoksia ja lataa muutetut XML-tiedostot järjestelmään.

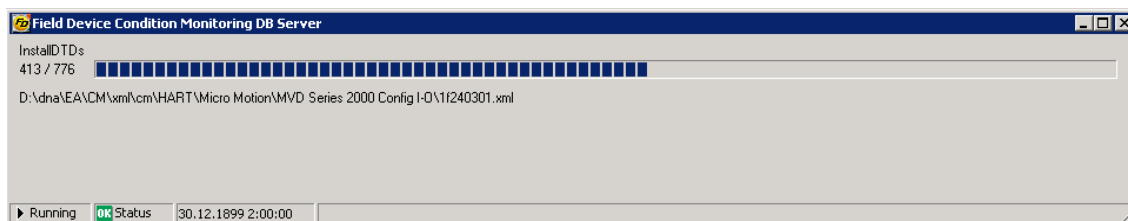


```
cs: Command Prompt
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\dnaadmin>D:
D:\>cd dna
D:\dna>cd ea
D:\dna\EA>cd cm
D:\dna\EA\CM>cd bin
D:\dna\EA\CM\bin>fmpdb /installtdts
D:\dna\EA\CM\bin>
```

Kuva 21. Kuvakaappaus komentokehotteen komennosta

Kun päivitys on suoritettu, voidaan taas käynnistää Condition Monitoring SlotController-rista. Käynnistyminen kestää noin minuutin, ja se näkyy tilamuutoksina STARTING ja RUNNING. Tämän jälkeen Condition Monitoring alkaa keräämään dataa kaikilta laitteilta. Tässä saattaa kestää useamman tunnin, riippuen järjestelmän koosta. Tietojen ke-ruun tilanne näkyy Condition Monitoring -ikkunan oikeassa yläkulmassa prosenttinäyt-tönä.



Kuva 22. XML-tiedostojen lataus järjestelmään.

## 7 Pohdintaa

Hyödyntämällä mittaavaa kunnonvalvontaa pystytään havaitsemaan laitteiden mahdolliset vikaantumiset ennakoivasti ja näin ollen parantamaan käyttövarmuutta ja vähentämään mahdollisia tuotantotappioita. Mittaavan kunnonvalvonnan idea on havaita muutoksia normaaliin toimintaan nähden. Näitä muutoksia ei havaita, mikäli käytetään pelkkiä statusbittejä. Lisäksi statusbittejä käyttämällä joudutaan konfiguroimaan jokainen laite erikseen.

Alussa oli ongelmia XML-tiedostojen päivittämisessä. Ohjelma ei suostunut lataamaan uusia tiedostoja järjestelmään. Tämän selvittämiseen käytettiin normaalin latauskomennon lisäksi /debug-komentoa (FMPDB /debug /installDTDs), joka tekee tekstitiedoston komennon tekemistä muutoksista ja virheistä. Tekstitiedostosta löytyi virheilmoituksen yhteydestä virheen selkeä kohta XML-tiedostosta. Virheen poiston jälkeen lataus onnistui. Tiedosto löytyy samasta hakemistosta, jossa komento suoritettiin.

HART-komentojen saatavuus ilmeni haasteelliseksi, ja ne onkin lähes poikkeuksetta pyydettävä laitevalmistajilta suoraan. XML-tiedostoa tehdessä on oltava vähintäänkin tiedossa laitevalmistajan tunnistenumero, laitteen tunnistenumero, sekä laitteen revisio. Nämä löytyvät pääsääntöisesti FieldComm Groupin internetsivuilta.

Uuden laitteen käyttöönotossa automaatio suunnittelun on tarkistettava XML-tiedostojen ajantasaisuus automaatiojärjestelmän kunnonvalvontajärjestelmästä viimeistään piirikoestusvaiheessa. Condition monitoringin XML-tiedostojen hälytysrajat on alkuun asetettava mahdollisimman lähelle mitattua arvoa. Käyttöönotossa tai heti sen jälkeen, kun oikea aine oikeilla ominaisuuksilla virtaa putkessa, on hälytysrajat asetettava uudelleen uuden laitteen arvojen läheisyyteen, jotta mahdolliset muutokset saadaan kiinni varhaisessa vaiheessa, jotta laite voidaan ottaa tarkkailuun. Hälytysrajojen asettelu tapahtuu automaatiokunnossapidon avustuksella. Mitattavat arvot ovat sellaisia, joita ei voida päätellä etukäteen, vaan ne ovat prosessi ja mittalaittekohtaisia. Tämä johtuu asennustavasta, virtaavasta aineesta, sekä mittalaitteen iästä ja parametreista.

Ennen haettavien tietojen valintaa on perehdyttävä mittaustapaan, sekä laitteen toimintaperiaatteeseen. Myös laitetoimittajan kokemus laitteen mahdollisista haasteista kannattaa huomioida. Lisäksi kunnonvalvontaa valvovia henkilöitä on koulutettava ja ohjeistettava haettavan datan tulkitsemisessa.

Työssä valittiin datan haun kohteeksi Micro Motion 2700 Analog Output -massavirtamittaus. Laitteelta saatiin haettua seuraavat tiedot:

- Average Sensor Temperature, anturin keskilämpötila
- Drive Current, ohjauskelan virta
- Drive Gain, ohjauskelan vahvistus
- Input Voltage, syöttöjännite
- Left Pickoff Voltage, vasemman tunnistinkelan jännite
- Right Pickoff Voltage, oikean tunnistinkelan jännite
- Tube Frequency, mittaputken taajuus.

Ennalta suunniteltujen arvojen lisäksi päätettiin kenttälaitteelta hakea syöttöjännite, jonka avulla saadaan tieto sähkösyötön häiriöistä mahdollisimman nopeasti. Lopullinen ulkoasu näkyy kuvassa 23. Näille tiedoille ei otettu varoitusta käyttöön, vaan ainoastaan hälytykset. Varoitukset voi kuitenkin ottaa käyttöön asettamalla varoitukset normaalin käytännön mukaan.

Float type parameters

			Alarm		Warning		Refresh	
Status	Parameter	Value	High	Low	High	Low	Last Read	Period
✓ OK	Average Sensor Temperature	10.55	40	3	N/A	N/A	6/28/2017 5:19:56 PM	01:15:10
✓ OK	Drive Current	1.67	2	1	N/A	N/A	6/28/2017 5:19:56 PM	01:15:10
✓ OK	Drive Gain	5.34	7	4	N/A	N/A	6/28/2017 5:57:18 PM	01:14:50
✓ OK	Input Voltage	12.83	26	10	N/A	N/A	6/28/2017 5:19:56 PM	01:15:10
✓ OK	Left Pickoff Voltage	0.13	0.1	1	N/A	N/A	6/28/2017 5:57:18 PM	01:14:50
✓ OK	Right Pickoff Voltage	0.13	0.1	1	N/A	N/A	6/28/2017 5:57:18 PM	01:14:50
✓ OK	Tube Frequency	41.36	50	35	N/A	N/A	6/28/2017 5:57:18 PM	01:14:50

Kuva 23. Micro Motion 2700 -laitteesta haetut liukuluku-tyyppiset tiedot

Condition Monitoring -sovellus vaihtaa haetun datan parametrit aakkosjärjestykseen Parameter-sarakkeen mukaan. Tämä ei ole aina haluttua, jolloin koodin kirjoittaja joutuu käyttämään esimerkiksi erikoismerkkejä parametrin nimen edessä. Lisäksi aakkosjärjestys saattaa haitata uuden tiedon lisäämisessä.

Huomioitavaa uusien tietojen lisäämisessä on se, että jälkikäteen asetetut hälytysrajat palautuvat koodin mukaisiin oletukseen, kun muokattu XML-tiedosto ladataan järjestelmään.



## Lähteet

- 1 Tietoa meistä, tuotanto. Verkkodokumentti. Neste Oyj  
<<https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/tuotanto>>. Luettu 10.6.2016.
- 2 Tietoa meistä, juuremme. Verkkodokumentti. Neste Oyj  
<<https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/juuremme>>. Luettu 10.6.2016.
- 3 How It Works. Verkkodokumentti. Emerson <<http://www.emerson.com/en-us/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/coriolis-flow-meters>>. Luettu 20.3.2017.
- 4 Coriolis Mass Flow Meter Working Principle. Verkkodokumentti. Instrumentation Tools. <<https://instrumentationtools.com/coriolis-mass-flow-meter-working-principle/>>. Luettu 20.3.2017.
- 5 Henry, Manus. Condition Monitoring for Ship Fuel (Bunkering) Applications. Verkkodokumentti.  
<[http://www.academia.edu/17408713/Condition\\_Monitoring\\_for\\_Ship\\_Fuel\\_Bunkering\\_Applications\\_sivu\\_5](http://www.academia.edu/17408713/Condition_Monitoring_for_Ship_Fuel_Bunkering_Applications_sivu_5)>. Luettu 18.3.2017.
- 6 Patten, Tim. Understanding the Challenges of Two-Phase Flow . Verkkodokumentti. <<http://www.emerson.com/documents/automation/66308.pdf>>. Luettu 4.4.2017.
- 7 Pohjola, Jouni. 2017. A, Neste Oyj, Porvoo. Keskustelu 23.3.2017.
- 8 Micro Motion Model 2700 Transmitters Configuration and Use Manual.
- 9 Magnetic Flowmeter Fundamentals. Verkkodokumentti.  
<<https://www.automaatika.ee/pdf/Fundament.pdf>>. Luettu 12.4.2017.
- 10 Theory of Magnetic Flow Meters. Verkkodokumentti. Emerson.  
<<http://www.emerson.com/en-us/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/about-magnetic>>. Luettu 13.4.2017.
- 11 Hofmann, Friedrich. 2011. Principles of Electromagnetic Flow Measurement. Krohne. Verkkodokumentti.  
<[http://amnytt.custompublish.com/getfile.php/3722259.2265.xvvbfuttrc/KROHNE+Principles-of-Electromagnetic-Flow-Measurement\\_.pdf](http://amnytt.custompublish.com/getfile.php/3722259.2265.xvvbfuttrc/KROHNE+Principles-of-Electromagnetic-Flow-Measurement_.pdf)>. Luettu 28.4.2017.

- 12 Fundamentals of Electromagnetic Flow Meters – Grounding. 2013. Verkkodokumentti. <<http://www.cclynch.com/fundamentals-of-electromagnetic-flow-meters-grounding/>>. Luettu 29.4.2017.
- 13 Hedrick, Nathan. 2017. How Flowmeters Perform Self-Verification. Verkkodokumentti <<http://www.flowcontrolnetwork.com/how-flowmeters-perform-self-verification/>>. Luettu 13.5.2017.
- 14 The Benefits of the HART® Communication Protocol in Intelligent Instrumentation Systems. Verkkodokumentti. <<http://www.smar.com/en/hart>>. Luettu 22.2.2017.
- 15 Bowden, Romilly. 1999. HART, A Technical Overview.
- 16 HART Communications. Verkkodokumentti. Samson. <[http://www.samson.de/pdf\\_en/l452en.pdf](http://www.samson.de/pdf_en/l452en.pdf)>. Luettu 23.2.2017.
- 17 Application Guide. 2015. Verkkodokumentti. HART Communication Foundation. <[https://fieldcommgroup.org/sites/default/files/technologies/hart/appguide\\_hartguide6.1.pdf](https://fieldcommgroup.org/sites/default/files/technologies/hart/appguide_hartguide6.1.pdf)>. Luettu 30.3.2017.
- 18 HART Commands. 2015. Verkkodokumentti. FieldComm Group. <[http://jp.hartcomm.org/hcp/tech/aboutprotocol/aboutprotocol\\_commands.html](http://jp.hartcomm.org/hcp/tech/aboutprotocol/aboutprotocol_commands.html)>. Luettu 1.4.2017
- 19 Field Device Manager -käyttöohje. 2013. Metso Automation.

